

Proyectos de investigación aplicada para el desarrollo de competencias en estudiantes de Ingeniería

JAVIER MAURICIO CASTELLANOS OLARTE*
ARIEL RENÉ CARREÑO OLEJUA**



Resumen

Es innegable la importancia del uso de laboratorios en la formación del ingeniero; su impacto ha sido ampliamente discutido en la literatura especializada. Cuando la formación del estudiante se orienta hacia el desarrollo de competencias, y la unión de la teoría y la práctica, el trabajo en el laboratorio adquirir un rol preponderante que puede potenciar el aprendizaje. Este artículo muestra los principales elementos de la metodología implementada en las clases de laboratorio del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, que, además de posibilitar la integración transversal de las asignaturas del plan de estudios, estimula el aprendizaje significativo de sus estudiantes y el desarrollo de competencias para la solución de problemas. En primer lugar, se plantea un proyecto que busca satisfacer los criterios de formación de tres áreas diferentes: diseño mecánico, diseño térmico y automatización industrial. A lo anterior, debe añadirse que los problemas abordados por los estudiantes hacen parte de investigaciones

(*) Profesor de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. Correo electrónico: javier.castellanos@upb.edu.co.

(**) Profesor de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. Correo electrónico: rene.carreño@upb.edu.co.

Fecha de recepción: 16/08/2013 • Fecha de aceptación: 30/09/2013.

en curso en el campo de la agroindustria, que es una de las líneas temáticas del grupo de investigación Gidetechna de la Universidad Pontificia Bolivariana. En los laboratorios de las asignaturas de la línea de automatización industrial del plan de estudios, se organizan grupos de trabajo de aproximadamente quince personas y se realizan dos proyectos por periodo académico. El objetivo principal de cada proyecto es la construcción y automatización de un prototipo (se tienen a la fecha: incubadora de huevos, secador de frutas, horno de cocción y extrusora de jugos). Los equipos deben ejecutar el proyecto a partir de un grupo coordinador transversal y subgrupos de desarrollo encargados de trabajar diferentes temas: diseño mecánico, diseño térmico, automatización y control. Todos los equipos laboran de manera independiente, pero se retroalimentan dinámicamente con ayuda del equipo coordinador. Cuando se han conciliado y elegido las alternativas finales, los estudiantes deben integrar nuevos equipos encargados de la construcción y pruebas del prototipo. Los resultados observados evidencian en los estudiantes un alto grado de aprendizaje significativo y colaborativo, así como una notable mejora en la relación soporte teórico versus solución encontrada y en el desarrollo de habilidades para la gestión de proyectos.

Palabras clave: enseñanza en laboratorios, aprendizaje orientado a proyectos.

Abstract

Outcomes of experimental courses are quite important for engineering education and had been broadly discussed. When student education is oriented towards competences development and the unity theory and practice, laboratory work becomes fundamental to boost learning. This paper shows a methodology that has been implemented in experimental courses of the Mechanical Engineering program of the Pontificia Bolivariana University at Bucaramanga. It has allowed to accomplish transversal integration of several courses, as well as to stimulate meaningful learning

of engineering students, and to develop competences to solving problems. Initially there is a project that looks forward to satisfy formation criteria of three different areas: Mechanical design, thermal design and industrial automation. Selected project topics are related to Agroindustry sector, which is the field of interest of the research group of the Faculty. Hence, students deal with subjects that are part of current research works. Teams of approximately fifteen students are organized at the experimental courses to carry out two projects per year. The principal goal of each project is to design, manufacturing and automating a prototype (So far, Incubator, Dryer, Cooking oven, and extruder). Teams must address the project by means of a coordinating group and several subgroups which are in charge of different areas: Mechanical design, Thermal design and automation design. Every team works independently, but there is a dynamic feedback from the coordinating group. When final solution is chosen, the same students must integrate the manufacturing and testing teams. The results show a high level of meaningful and collaborative learning. Additionally, there is evidence of a major improvement in the relationship between theoretical tools and final solution, and also in the project management skills of students.

Keywords: experimental teaching, project based learning.

1. Introducción

La importancia de los laboratorios en la formación del ingeniero ha sido ampliamente discutida en la literatura especializada. Sin embargo, su uso ha decaído notablemente en las décadas precedentes, como consecuencia del advenimiento de herramientas de simulación computacional y, por otro lado, debido a las dificultades inherentes que supone el tener equipos de laboratorio para recrear todos los fenómenos de interés. No obstante, el desarrollo de prototipos experimentales que cubran los objetivos de formación de las clases de laboratorio y en los cuales los estudiantes se involucran activamente, constituye una oportu-

nidad para acercar la teoría a la práctica con un enfoque similar al de las clases experimentales que normalmente se realizan en los cursos de Ingeniería (Quintero, Sánchez & Chio Cho, 2006). Pero esto sería con un impacto mayor en la formación del estudiante, en tanto dicho acercamiento permite realizar un trabajo transversal entre asignaturas del plan de estudios y desarrollar otras competencias que son importantes para el futuro ingeniero.

Teniendo como soporte los principios que fundamentan el aprendizaje orientado a proyectos (POL) y al aprendizaje basado en problemas (ABP), se da importancia a la práctica, al trabajo cooperativo, al pensamiento metódico (este último de vital importancia, porque permite identificar la necesidad, analizar su dificultad, plantear alternativas de solución y evaluar la más adecuada), y al descubrimiento y construcción del conocimiento a partir de la solución de problemas del mundo real (Bell, 2010; Grolinger, 2011; Lerner & Mergendoller, 2010).

Es importante resaltar que el aprendizaje orientado a proyectos representa una estrategia de formación caracterizada por el control que ejerce el estudiante y por el rol de facilitador que juega el docente. Aquí, el origen del proyecto parte de una pregunta problemática que es resuelta por el educando, de acuerdo con la formulación del proyecto y de los resultados obtenidos. Los proyectos pueden tener un nivel de complejidad variable, del cual depende la escala de tiempo involucrada y el rol que asume el estudiante.

Los procesos que deben desarrollarse en cada una de las fases de ejecución son aprobados y después supervisados por el educador. También debe resaltarse que las preguntas surgen de problemas de orden científico y/o social, y que el POL es una estrategia para desarrollar pensadores y aprendices independientes (Bell, 2010).

Por su parte, el aprendizaje basado en problemas se enfoca en enfrentar al estudiante a situaciones reales, en ambientes reales. Si bien es una estrategia aplicada ampliamente en la formación de profesionales de la salud, algunos elementos fundamentales permiten potenciar el aprendizaje de estudiantes de Ingeniería. Las actividades de diseño, por ejemplo, ilustran la mayoría de los elementos de esta estrategia: presencia de un gran número de fases y etapas

que deben superarse; el proceso inicia con la identificación de un problema o situación que direcciona al estudiante hacia un área específica de estudio; la investigación que inicia el estudiante tiene un doble objeto: progresar en la solución del problema y en el aprendizaje del individuo; se requieren niveles altos de iniciativa, motivación y organización en el estudiante; aunque el marco de tiempo sea pequeño, puede extrapolarse con éxito a periodos mucho más grandes (*v. gr.* en proyectos de desarrollo tecnológico); permite al estudiante seleccionar los resultados deseados con base en la investigación realizada; las habilidades para la observación tienen una alta prioridad en la etapa en que se identifica el problema; la reflexión del estudiante tiene un rol preponderante, especialmente en la evaluación de los resultados obtenidos; y se soporta fundamentalmente en un trabajo colaborativo (Mills & Treagust, 2003).

Adicionalmente, debe destacarse la importancia que tiene la búsqueda de significado en el aprendizaje del estudiante, y la concordancia entre las actividades propuestas y sus intereses particulares (Mills & Treagust, 2003; Savery & Duffy, 1995). De manera complementaria, los problemas planteados se encuentran alineados con las áreas de trabajo del grupo de investigación Gidetechna (Grupo de Investigación en Desarrollo Tecnológico, Agroindustria y Automatización) y se retroalimenta activamente de las necesidades allí identificadas. La agroindustria, siendo el punto de interés fundamental hacia donde se dirigen gran parte de los esfuerzos de investigación actual de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, constituye una amplia fuente de problemas a resolver, máxime cuando en el marco regional es relativamente fácil observar oportunidades de mejora en sectores productivos como los de la caña, la piña, la guayaba, el maíz, el cacao, la palma de aceite y los huevos.

2. Metodología

La metodología para el desarrollo de los prototipos experimentales se enmarca en los siguientes elementos:

2. 1 Determinación de los objetivos de formación del proyecto

Este factor está relacionado con la identificación clara de los objetivos de formación que debe cumplir el estudiante, desde el punto de vista de los aspectos teóricos que complementan el trabajo experimental. Los proyectos que se abordan buscan construir y automatizar determinado prototipo con fines experimentales. Normalmente, el proyecto integra estudiantes de varias asignaturas del plan de estudios de Ingeniería Mecánica, a saber: Automatización Industrial de Máquinas y Procesos, Automatización Agroindustrial, Transferencia de Calor y Diseño de Máquinas. El laboratorio de una de las asignaturas actúa como el curso base y las otras como cursos de soporte. En consecuencia, los objetivos de formación giran en torno al curso de base. Las experiencias que se han realizado hasta la fecha han tomado como base a la asignatura de Automatización Industrial de Máquinas y Procesos, y a la asignatura Automatización Agroindustrial; esto, teniendo en cuenta que los problemas que se atacan están relacionados con el sector agrícola y sus necesidades tecnológicas. Por otra parte, es importante señalar que el énfasis del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad es la automatización y el control, y se busca que existan relaciones transversales desde las otras líneas de profundización hacia ella.

Los estudiantes deben, entre otros aspectos, diseñar el sistema automático requerido para solucionar el problema planteado, utilizar herramientas de automatización para controlar y supervisar procesos, desarrollar algoritmos específicos para las tareas de automatización requeridas, integrar el prototipo a la red de comunicación existente en el edificio de laboratorios de la Universidad, y compartir y almacenar información en servidores.

2. 2 Elección del problema

La elección del problema puede realizarse de dos maneras distintas. La primera radica en dar continuidad a proyectos que se vienen desarrollando desde periodos académicos precedentes. Esta opción se adopta cuando el grupo de estudiantes son promovidos de una asignatura base a otra, y, por tanto, pueden dar continuidad al trabajo para proporcionar

soluciones a problemas que no se resolvieron, o a objetivos que no se cumplieron en primera instancia. Igualmente, cuando la evaluación de los resultados de los proyectos precedentes muestra nuevas necesidades y/o oportunidades, se da continuidad a los mismos. La segunda es formular el proyecto a partir del banco de temáticas clave que plantea el grupo de investigación Gidetechna alrededor de los trabajos de investigación en ejecución. Algunos de los problemas que han permitido desarrollar prototipos incluyen: uso de energías renovables para secado de productos agrícolas (Figura 1); incubación de huevos mediante estrategias de control de humidificación (Figuras 2, 3 y 4); obtención de aceite de algodón partiendo de extrusores rotativos, y hornos de secado en continuo para productos alimenticios, mediante recuperación de gases de combustión y/o de biomasa.

Figura 1. Túnel de secado para frutas tropicales, año 2012



Fuente: elaboración propia.

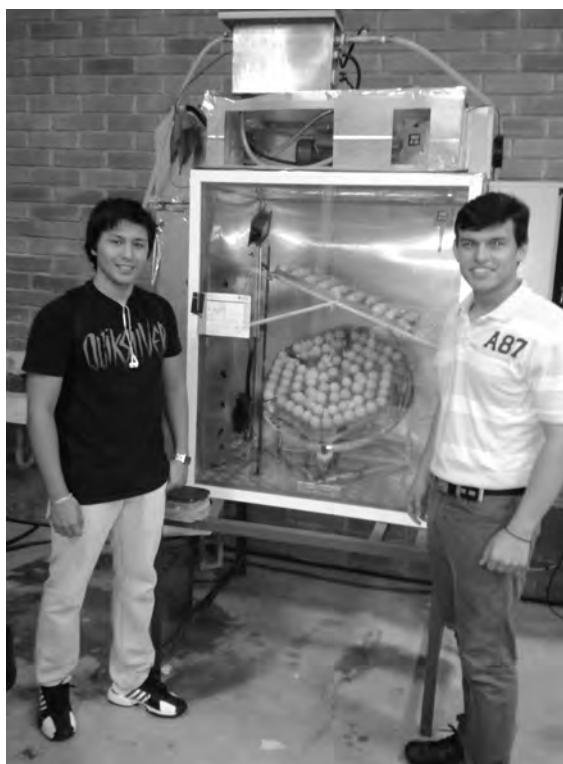
Figura 2. Prototipo incubadora, año 2011



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Prototipo incubadora, año 2012

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Prototipo incubadora, año 2013

Fuente: elaboración propia.

2. 3 Determinación de los objetivos que debe cumplir el proyecto

Con base en el problema elegido y en los objetivos de formación identificados, se establecen los objetivos que debe perseguir el proyecto. El objetivo general está asociado a la consecución de un prototipo que pueda cumplir con unos indicadores de producción identificados en el análisis del problema. Los objetivos específicos buscan dar respuestas puntuales a los requerimientos que tiene el proyecto desde cada una de las asignaturas base y de apoyo, y aquellos aspectos experimentales que se trabajan en los laboratorios de las asignaturas teóricas. Entre otros, los proyectos deben lograr un uso adecuado de los conceptos teóricos de diseño mecánico, termodinámica, transferencia de calor y control, para la formulación de las alternativas de solución. Por otra parte, debe haber evidencia de un manejo adecuado de las herramientas matemáticas que permiten describir la influencia de las variables seleccionadas sobre el fenómeno que se pretende estudiar. Así mismo, debe realizarse una selección y una instalación apropiada de los distintos componentes de los subsistemas que conforman el prototipo.

2. 4 Organización de los estudiantes

El proyecto se aborda de acuerdo con equipos de trabajo distribuidos en un grupo coordinador transversal y subgrupos de desarrollo encargados de trabajar temas diferentes: diseño mecánico, diseño térmico, automatización y control. Todos los equipos laboran de manera independiente, pero se retroalimentan dinámicamente con ayuda del equipo coordinador. El número de estudiantes por grupo oscila entre 4 y 6, dependiendo del total de integrantes del curso.

2. 5 Integración de las alternativas halladas

Con el trabajo activo del grupo coordinador las alternativas propuestas son fácilmente evaluadas e integradas para plantear la solución final. Es el equipo coordinador el encargado de supervisar el trabajo de los otros equipos, y también de convocar y dirigir las sesiones de trabajo colectivo con miras a evaluar las alternativas de solución. Una estrategia que se ha utilizado en este sentido, es la adopción de la metodología de Pahl et al. (2007, p. 618) para la formulación y

evaluación de las soluciones planteadas. Gracias a ella, el trabajo de diseño sigue una estructura estándar y se consigue llegar a las soluciones de una manera sistemática y coherente, y no por el camino del simple tanteo.

2. 6 Construcción y automatización del prototipo

Tomando como punto de partida a los integrantes de todos los equipos que se encargaron de la etapa de diseño, se conforman nuevos grupos que se responsabilizarán de la construcción y puesta en operación del prototipo. Es importante señalar que cada nuevo equipo tiene al menos un integrante de cada uno de los grupos de diseño, con el propósito de otorgar una visión amplia del proyecto a todos los miembros, sin importar la parte del prototipo que deba implementarse. Como uno de los objetivos del proyecto es que el estudiante haga uso efectivo de inventarios y recursos físicos, máquinas, herramientas y *software*, el proyecto se realiza en la Universidad. Los elementos de máquina y los montajes que lo permitan, son realizados por los estudiantes en el Laboratorio de Procesos Industriales con el apoyo del equipo técnico del mismo. Solo piezas muy especializadas son realizadas externamente. Por su parte, el desarrollo de *software* se hace en el Laboratorio de Automatización Industrial, que cuenta con las licencias y los equipos requeridos.

2. 7 Puesta en operación y seguimiento a las variables de operación

La puesta en operación se realiza inicialmente por sectores, para encontrar posibles fallas o incumplimiento de los parámetros de funcionamiento esperados. Una vez los subsistemas han sido probados, se pone en operación el prototipo y se empieza a hacer seguimiento de las variables de interés. Dependiendo de los requerimientos del equipo, se registran temperaturas, humedades y variables eléctricas de los actuadores del sistema, y conforme a las mismas se evalúa el funcionamiento de las estrategias de control adoptadas y se obtiene información para el análisis de los resultados.

2. 8 Evaluación del cumplimiento de los objetivos

Cuando el prototipo se encuentra en operación, el grupo debe determinar cuáles fueron sus indicadores de cumplimiento de los objetivos y

señalar tanto los aspectos positivos que aportaron al cumplimiento de unos, como las razones que llevaron al incumplimiento de otros. De otra parte, es necesario confrontar los resultados experimentales con los previstos a través de los cálculos de diseño o de los modelos que se utilizaron para dar soporte al diseño conceptual.

2. 9 Retroalimentación de los resultados y oportunidades de mejora o nuevas necesidades identificadas

Una vez se consigue (o no) el objetivo general del proyecto, los estudiantes deben retroalimentar no solo los hallazgos relacionados con aspectos tecnológicos, sino su propia vivencia al hacer parte del grupo de trabajo y sus conclusiones al emplear la metodología.

3. Resultados evidenciados

La evaluación de esta metodología por medio de entrevistas, respuestas a preguntas directas y los entregables de los proyectos, ha permitido identificar el desarrollo de fortalezas y competencias en el estudiante, así como el surgimiento de valores agregados para el programa de Ingeniería Mecánica y su currículo. Teniendo en cuenta los desempeños observados (Maragno, Villarroel, Fernández & Itriago, 2009), se puede destacar el fortalecimiento de las siguientes competencias:

3. 1 Fortalecimiento de las habilidades para el diseño de sistemas, componentes y productos

Todos los proyectos pasan por una etapa de diseño en la que los estudiantes identifican necesidades y oportunidades mediante el estudio de los requerimientos, de la generación de ideas, y de la definición del problema y sus soluciones. Por otra parte, la revisión del estado del arte, la definición de los parámetros de diseño, el estudio de factibilidad y la conceptualización del modelo analítico y experimental, enmarcan tareas básicas de investigación. De igual manera, el diseño preliminar (y cuando ha sido posible, el diseño de detalle) y el desarrollo final del prototipo, permiten configurar las habilidades para la materialización de productos. Por último, la evaluación del cumplimiento de los criterios de diseño, y de las necesidades de rediseño y optimización, completan el cuadro que configura este desempeño.

3. 2 Fortalecimiento de las habilidades para la planificación

Acciones específicas como la priorización de las actividades, la toma de decisiones, la interacción con los distintos actores del proyecto, la definición de los objetivos, la investigación y selección de herramientas, la definición de cronogramas, la selección de medios y recursos, el desarrollo de planes de medición y recolección de datos, y la selección de indicadores de control de procesos y resultados, encuadran las funciones básicas de la planeación.

3. 3 Fortalecimiento de las habilidades para la construcción de equipos

Los proyectos permiten evidenciar desempeños en el estudiante relacionados con la identificación de la tecnología apropiada de construcción, estudios de factibilidad (con la determinación de suministros y recursos necesarios y disponibles), ejecución y supervisión (con la procura de equipos y materiales, y con la identificación de disponibilidad y cumplimiento de especificaciones de los mismos), y finalmente la evaluación de procesos, materiales, equipos y resultados (con las actividades de supervisión y la producción de reportes técnicos).

3. 4 Fortalecimiento de las habilidades para la gestión de procesos, recursos y resultados

Se observan desempeños vinculados con la identificación de procesos a dirigir, mediante el conocimiento del sistema y sus procesos, y la identificación de requerimientos y áreas críticas. Del mismo modo, en la determinación de sistemas de gestión se destacan la selección de responsables y la priorización de procesos y tareas. En el desarrollo y control de operaciones aparecen desempeños específicos, tales como: la supervisión de personal, procesos, materiales, equipos y resultados, y la elaboración de informes y rendición de cuentas medibles y observables. Por último, aparecen la evaluación de resultados en términos de costos y niveles de ejecución, la emisión de juicios sobre la calidad de los resultados, y la emisión de reportes de retroalimentación.

Considerando los aportes al programa y su currículo, se tiene:

3. 5 Integralidad y transversalidad de laboratorios

Los prototipos están siendo utilizados como elementos para la consolidación de un Laboratorio de Control de Procesos Agroindustriales. Al sustentarse en elementos de diferentes áreas de conocimiento como la Transferencia de Calor y Termodinámica, la Automatización y Control de Procesos, Estadística Aplicada y Diseño de Experimentos, se encuentran sinergias de las diferentes unidades académicas de la Universidad, optimizando así los recursos disponibles. Esto fortalece la integración de conocimiento de diferentes áreas, apoyándose en el aprendizaje basado en problemas

3. 6 Articulación de los prototipos a una pirámide de automatización

Los laboratorios de la escuela de Ingeniería de la Universidad han venido desarrollándose bajo la filosofía TIA (Totally Integrated Automation). Gracias a esto, se cuenta con una infraestructura básica que hace posible la interacción entre procesos y servidores de datos, a través de OPC (Ole for Process Control) y *software* industrial (perteneciente a cada casa fabricante de autómatas. V. gr.: WinCC – Siemens, Lookout – National Instruments) o *software* general (MatLab, Visual Studio, Visual.NET, Visual Basic, Visual C++, etc.). Algunos de los prototipos han sido concebidos para integrarse a esta estructura, lo que abre una puerta importante dentro del concepto de la integralidad y transversalidad de laboratorios (Castellanos & Carreño, 2012). La información producto de la operación de estos equipos, puede ser utilizada en el diseño de aplicaciones tipo *http* y *aspx*, en principio, para la visualización de procesos vía Internet.

4. Perspectivas metodológicas

Uno de los elementos que puede potenciar el impacto que tiene esta metodología en la formación de los futuros ingenieros, es la implementación de estrategias más amplias de comunicación de los resultados. Si bien la defensa y presentación del proyecto en las aulas de clase son tareas que apuntan al desarrollo de competencias para la comunicación efectiva, deben incorporarse otras estrategias como la realización de artículos científicos, ponencias orales y *posters*. Cuando los estudiantes presentan su trabajo a una audiencia

real compuesta por pares, expertos y la comunidad de interés, existe una mayor preocupación por la calidad de los resultados y el proyecto mismo (Larner & Mergendoller, 2010). Existe, entonces, un paralelo positivo con las actividades reales que deben hacer los profesionales, aumentando de este modo la posibilidad de que los prototipos se conviertan en productos útiles al exterior de la Universidad.

Este último elemento se verá favorecido si se orientan aún más las preguntas generadoras a las necesidades de la sociedad y del ámbito de influencia. La evolución de los proyectos en torno a la incubación de huevos, ha permitido observar que los estudiantes ahondan en las problemáticas intrínsecas de este sector económico e identifican restricciones reales que condicionan la materialización de soluciones para beneficiar a la comunidad o para direccionar nuevas ideas de negocio.

Finalmente, valdría la pena hacer énfasis en la necesidad de afinar los instrumentos de medición utilizados por los docentes para evaluar los grados de apropiación de los diferentes aprendizajes. Pese a que la evaluación cualitativa hecha hasta el momento deja entrever que los estudiantes se encuentran a favor del uso de la metodología en estos cursos experimentales, todavía existen muchos otros cursos que siguen la metodología tradicional. En consecuencia, la elaboración de estos instrumentos es una tarea que requiere tiempo y participación activa de una buena parte de la comunidad académica universitaria. Sin embargo, la falta de cooperación, de interés y de integración de las unidades académicas, al menos en Ingeniería, han sido identificados como factores problemáticos que impiden la adopción y el desarrollo de las metodologías POL y ABP (Mills & Treagust, 2003).

5. Conclusiones

Los resultados observados evidencian un alto grado de aprendizaje significativo y colaborativo por parte de los estudiantes. El grado de apropiación del proyecto es uno de los puntos más notables; así, se observa que la calificación otorgada no es uno de los aspectos más importantes para los estudiantes. Sin embargo, resulta fundamental la aplicación de instrumentos de medición específicos para validar esta observación.

Además, uno de los logros más destacados de los trabajos realizados hasta la fecha, es una mejora notable en la relación existente entre el soporte teórico que permite obtener los diseños conceptuales, y las alternativas de solución y la solución final encontrada. Se ha evidenciado en los reportes finales, que los estudiantes hacen un mejor uso de los modelos básicos y de las leyes fundamentales para cuantificar, dimensionar, evaluar y justificar.

El desarrollo de habilidades para la gestión de proyectos es un aspecto que ha venido evolucionando con los proyectos mismos. La curva de aprendizaje de los primeros grupos ha sido aprovechada por los más recientes, y se aprecia que el trabajo colaborativo y la coordinación del trabajo de los estudiantes permite alcanzar los objetivos de forma más rápida. Esto se debe, en parte, a que la pregunta generadora del proyecto se aborda con un enfoque mejor, y, tanto las fases de desarrollo del proyecto como las actividades de supervisión de los docentes, se trabajan de manera más eficiente en cuanto al tiempo, los recursos y el esfuerzo invertidos. Muchos estudiantes han manifestado que seguir cronogramas y cumplir con plazos establecidos resulta difícil. No obstante, la retroalimentación ha permitido establecer que este esquema de trabajo es percibido como una primera experiencia de tipo industrial.

Por último, la implementación de esta metodología para abordar el trabajo experimental en asignaturas de los planes de estudios de Ingeniería, constituye una oportunidad para transformar el modelo tradicional centrado en el conocimiento, en otro que promueve la construcción de capacidades en función de habilidades, conocimientos y valores puestos en juego de manera integrada. De este modo, los programas de Ingeniería podrían incluso iniciar una transformación de la estructura curricular por asignaturas, para dar paso a una por proyectos, que logre integrar los conocimientos, habilidades y actitudes en competencias correspondientes a los diferentes niveles del plan de estudios. ●

Referencias

Bell, S. (2010). Project based learning for the 21st Century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83, 39-43.

Castellanos, J. & Carreño, R. (2012). *Uso de herramientas web y de automatización para desarrollo de equipos y proyectos de investigación*. Documento presentado en el IV Congreso Iberoamericano Soporte al Conocimiento con Tecnología, Bucaramanga, Colombia.

Grolinger, K. (2011). Problem Based Learning in Engineering Education: Meeting the needs of industry. *Teaching Innovation Projects*, (1), 2, Article 2.

Larner, J. & Mergendoller, J. (2010). 7 Essentials for Project-Based Learning. *Educational Leadership*, 68, (1).

Maragno, P., Villarroel, C. Fernández, M. & Itriago, M. (2009). Determinación y Validación del Perfil de Competencias de los Ingenieros Venezolanos. *Anales de la Universidad Metropolitana*, (9), 1, 135-157.

Mills, J. & Treagust, D. (2003). *Engineering education – is problem based or project-based learning the answer?* Australasian Journal of Engineering Education. The Australasian Association for Engineering Education Inc.

Pahl, G., Beitz, W., Schulz, H., Jarecki, U., Wallace, K. & Blessing, L. (2007). *Engineering design : A systematic approach*. 3 ed. London: Springer.

Quintero, A., Sánchez, C. & Chio Cho, N. (2006). Diseño e implementación de prácticas de redes industriales usando controladores lógicos programables. *Revista Educación en Ingeniería*, (2), 52-61.

Savery, J. & Duffy, T. (1995). Problem Based Learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35, 31-38.